

# МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ И ГРАНИЦ КЛИМАТИЧЕСКИХ КЛАСТЕРОВ В РАЗНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ ИНТЕРВАЛЫ

*И.А. Ботыгин, к.т.н., доц. ОИТ,  
В.А. Зайцев, студент  
Томский политехнический университет  
E-mail: vaz27@tpu.ru*

## Введение

Изучение изменений в климатической системе Земли в целом или отдельных её регионах является актуальной задачей. Наличие в этой системе глобальных процессов, способных кардинально менять условия жизни биологических объектов, делают задачу наиболее значимой. Сложность исследования и прогнозирования изменений в климатической системе заключается в её многокомпонентности. Количественная оценка вклада каждого климаторегулирующего фактора в общий климатический процесс — задача, не имеющая на данный момент однозначного решения [1].

В настоящее время всё больше внимания уделяется проблемам глобального изменения климата [2-4]. Такое внимание обоснованно, ведь все отчетливее видна растущая нестабильность климата. Гораздо чаще мы становимся свидетелями ураганов, наводнений, резких перепадов температуры, просто «необычной» погоды. Поэтому климатические условия не только обеспечивают возможность существования природы и человека, но и определяют характер жизнедеятельности человека, особенно в некоторых отраслях экономики и промышленности. Несомненно, климатическим условиям свойственна изменчивость во времени, и эта изменчивость должна быть ограниченной и медленной. Но в последнее время климат характеризуется высокой скоростью изменения. Поэтому в настоящий момент очень важно не только отследить изменения, но и вычислить закономерность этих изменений.

Целью настоящего исследования является разработка алгоритма анализа полученных данных методом кластеризации групп станций по значению средней температуры, нахождению географических границ кластеров.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) Корреляционный анализ между группами станций разных временных интервалов по методу Пирсона и Спирмена.
- 2) Построение корреляционной матрицы и коррелограммы.
- 3) Нахождение географических границ кластеров за разные временные интервалы и отображение их на карте, нахождение географического центра кластера.
- 4) Показать на карте как сместился географический центр кластера за разные временные интервалы.

## Описание алгоритма и работа программы

Что бы узнать смещение географического центра кластера за разные промежутки времени, нужно знать минимальные и максимальные долготу и широту кластеров смещение центра которых хотим узнать. Для нахождения центральных географических широт и долгот кластеров это половина разницы между максимальным и минимальным значением.

Для близости географических кластеров используется формула:

$$R = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

Где R – коэффициент близости

X – центры долготы кластеров

Y – центры широты кластеров

Чем ближе к нулевому значению коэффициент R тем ближе географически находятся центры кластеров. Данное значение поможет понять какие кластеры связаны максимально близко друг к другу географически.

Статистические связи между переменными можно изучать методами корреляционного и регрессионного анализа. Корреляционный анализ позволяет оценить силу связи между данными, а методами регрессионного анализа можно выбрать конкретную математическую модель и оценить ее адекватность [2-4].

Корреляционная связь – это согласованное изменение признаков, отражающее тот факт, что изменчивость одного признака находится в соответствии с изменчивостью другого. Основная задача корреляционного анализа – выявление и оценка связи между заданными величинами.

Задача реализуется на языке программирования C# с использованием технологии ASP.NET MVC 5 в среде Microsoft Visual Studio 2019.

Для отображения карты использовалась готовая библиотека инструментов для работы с картой Яндекс карта API от компании Яндекс.

Построение графиков осуществляется с помощью библиотеки AnyChart API, это очень удобный инструмент для визуализации данных в виде графиков и таблиц.

Для стилизации веб приложения использовался набор инструментов для создания сайтов и веб приложения Bootstrap, включающий в себя HTML и CSS шаблоны оформления.

Для расчёта коэффициентов корреляции использовалась библиотека MathNet.Numerics.Statistics. Статистические методы в классе Correlation (Pearson и Spearman) принимают два аргумента, в виде массивов средних нормированных температур данных. Результатом работы методов является коэффициент корреляции.

Коэффициент корреляции Пирсона может принимать значения от -1 до +1.  $r = 1$  свидетельствует о возможном наличии прямой связи,  $r = -1$  свидетельствует о возможном наличии обратной связи между данными групп.

На основе полученных данных коэффициента строится таблица Корреляции, где обозначена связь температур между группами и подсвечивается цветом, где красный цвет показывает сильную связь 1, а синий слабую связь -1.

С помощью разработанного приложения были проанализированы данные групп метеорологических станций за разные промежутки времени по значению нормированных температур и установлена силы связи пример на рисунке 1.

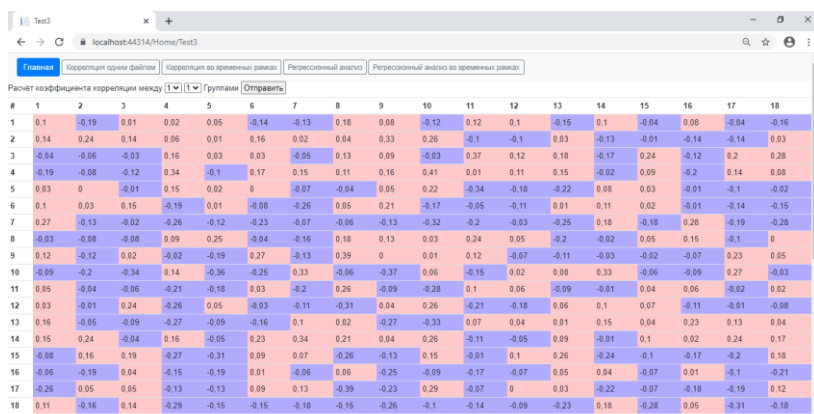


Рис. 1. Матрица корреляции между разными временными интервалами.

Для расчёта смещения географического центра открывается карта, которая показывает все смещения, для наглядности, используется карта показывающая кластеры за разные промежутки времени пример на рисунке 2.

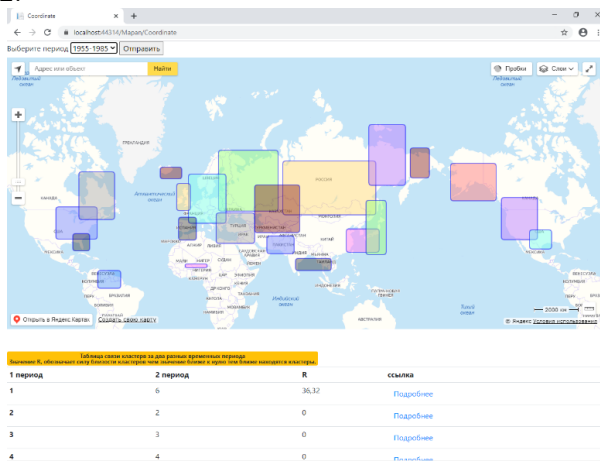


Рис. 2. Границы кластеров на карте во временном промежутке

При нажатии на кнопку подробнее в таблице, открывается карта с границами двух одинаковых кластеров за разные промежутки времени и показано смещение центра кластера, что показано на рисунке 3.

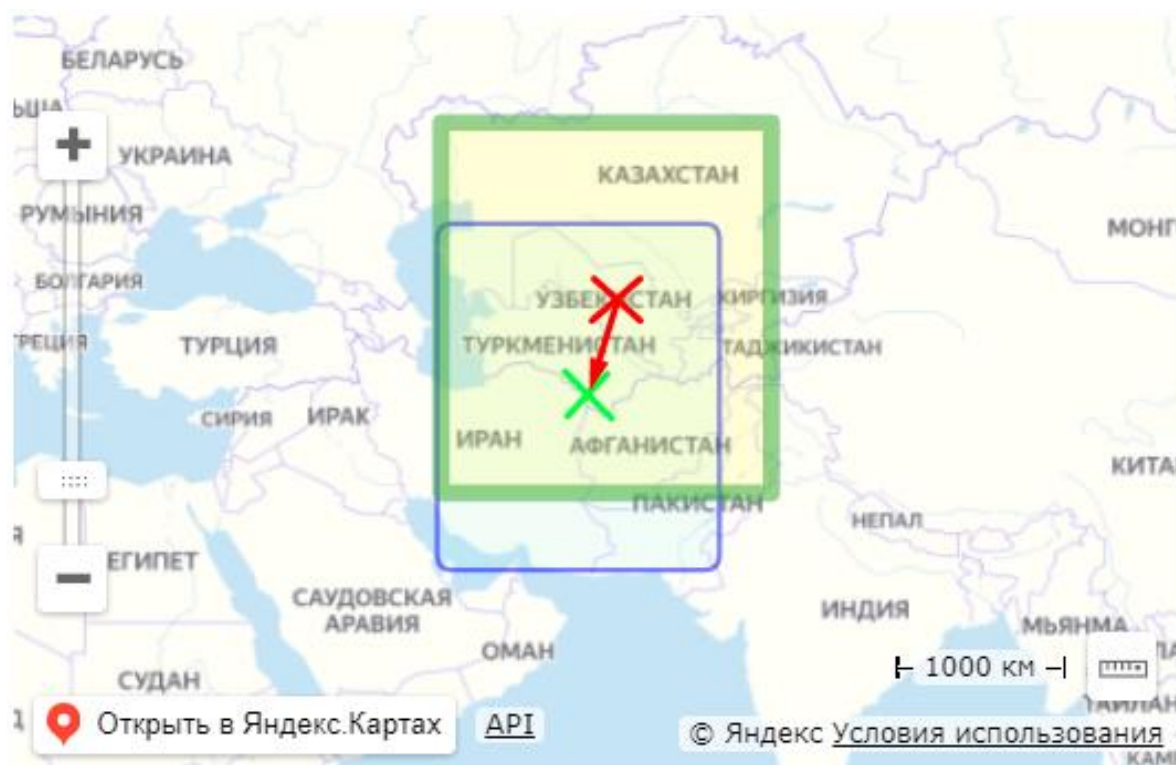


Рис. 3. Смещение географического центра кластера

## Заключение

В ходе выполнения данной работы были решены поставленные задачи, а именно:

- 1) Корреляционный анализ между кластерами разных временных интервалов.
- 2) Для удобного отображения коэффициентов корреляции была построена корреляционная матрица.
- 3) Нахождение географических границ кластеров за разные временные интервалы и отображение их на карте, нахождение географического центра кластера.
- 4) Показано на карте как смещаются географические центры кластера за разные временные интервалы.

В целом, можно заключить, что типовые температур групп станций за разные промежутки времени связаны слабой связью. Центры кластеров за разные промежутки времени могут разбиваться на множество кластеров, а центры географически менять вектор направления.

## Список использованных источников

1. Волков Ю.В. Анализ температурных сигналов и алгоритм их кластеризации // Автометрия. – 2019. – № 3. – С. 38-44.
2. Отдел климатических исследований // Университет Восточной Англии. URL: <http://www.cru.uea.ac.uk/data> (дата обращения: 15.12.2019).
3. Ботыгин И.А., Волков Ю.В., Попов В.Н., Тартаковский В.А. Вычислительные технологии в задачах обработки дендрозоологических данных // Известия ТПУ. – 2005. – Т. 308. – № 6. – С 170-174.
4. Тартаковский В.А., Крутиков В.А., Волков Ю.В., Чередыко Н.Н. Классификация климата путем анализа фазы температурных рядов // Оптика атмосферы и океана. – 2015. – Т. 28. – № 8. – С. 711-717.
5. Троелсен Эндрю, Джепикс Филипп Язык программирования C# 7 и платформы .NET и .NET Core. – СПб.: ООО “Диалектика”, 2018. – 1328 с.